

### (11) 特許出願公開番号

(13)公開日 平成9年(1997)2月25日

審査請求 未請求 請求項の数 7 FD (全 8 頁)

### 最終頁に続く

A-A

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転軸に固設されたヨークの外周部に径方向にN、S極を有し、かつ円周方向に磁極を交互に着磁された永久磁石を配してなる永久磁石ロータにおいて、前記永久磁石の外周面を真円に、円周方向に磁石の厚みを変化させるとともに前記ヨークの外周形状を前記永久磁石の内周形状にそって一定の隙間を保つように形成し、前記隙間に接着剤を充填してなることを特徴とする永久磁石ロータ。

【請求項2】 前記永久磁石の厚みの変化周期は磁極数と一致し、かつ磁極中心部が厚肉、極間部が薄肉であるように構成されたことを特徴とする請求項1記載の永久磁石ロータ。

【請求項3】 前記永久磁石の厚肉部と薄肉部の肉厚差寸法は前記永久磁石と前記ヨーク間に形成される隙間に対して大きくなるように設定されたことを特徴とする請求項1または2記載の永久磁石ロータ。

【請求項4】 永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部形状が、鋭角のないウェーブ形状とされたことを特徴とする請求項1、2または3記載の永久磁石ロータ。

【請求項5】 永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部形状が、鈍角で形成される台形形状とされたことを特徴とする請求項1、2または3記載の永久磁石ロータ。

【請求項6】 前記永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部のみに接着剤を充填したことを特徴とする請求項1、2、3、4または5記載の永久磁石ロータ。

【請求項7】 前記台形形状部の傾斜角が、前記永久磁石ロータの最高使用回転数時に前記永久磁石内に発生する遠心応力と前記傾斜角によりトルクから発生する半径方向分力が起因する前記永久磁石内のせん断応力との合応力が前記永久磁石の許容応力を上回らないよう設定されたことを特徴とする請求項1または6記載の永久磁石ロータ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、永久磁石ロータの構造に関し、とくに円筒状の永久磁石を用いたロータにおける永久磁石の固定連結に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の円筒状永久磁石を用いたロータとしては、例えば図10の断面図に示されるようなものがある。ヨーク100に回転軸101が貫通され、キー102によって固着されている。径方向にS極、N極を有し、かつ円周方向にS極、N極を交互に着磁された円筒状の永久磁石103がヨーク100の外周に配設され、その対向周面に接着剤104が充填されてそれらを固定している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の永久磁石ロータにあっては、永久磁石が円筒形状の

ため回転軸101へのトルク伝達には接着剤104の接着力およびせん断強度に頼って行なわれることになる。接着剤は機械強度が弱いので、温度の上昇にしたがって接着力が低下する特性を有する。このためロータの発熱や急加減速時の慣性力などにより接着剤が剥がれ、永久磁石とヨークの間に相対運動が生じ、永久磁石の位置情報が必要とする回転制御ができなくなるうえ、回転軸に出力トルクが伝えられなくなる恐れがあるという問題点があった。

【0004】一方、同じ円筒状で円周方向に分割された永久磁石の固定としては、例えば図11に示されるように、円周方向に6つに分割されたセグメント永久磁石203の内周側に外周にいくにしたがって幅広となるテーパー状溝204を設け、その溝にヨーク206に設けられた同形状の突起205を軸方向から噛み合わせることにによりセグメント磁石203をヨーク206に固設するようになっている。(特願平2 119545号公報参照)

【0005】しかし、ここでは永久磁石は6つのセグメント磁石となっており、磁石にかける遠心力をセグメント磁石203の2箇所のアゴ部207で受ける構造になっているため、鋭角となる角部に応力集中が発生し、アゴ部にせん断力が作用することになる。これに耐えるためには永久磁石厚みt3に対するアゴ部厚みt4を十分厚くとる必要がある。この結果、磁極部位の磁束強度は大きく減ってしまう。

【0006】図12は永久磁石を直線に展開したときの磁束分布を示す図である。図によれば、各磁極部にその厚さの減少により磁束強度が減少し、磁石表面の磁束分布はサイン波を描かず磁極位置で沈んだ波形となる。これにより出力トルクが低下するとともに回転時にトルク変動などの不具合が発生するという問題点があった。この発明は、上記のような問題点に鑑み、永久磁石を接着剤で固着し、かつ接着剤が剥離されても駆動が続けられる永久磁石ロータを提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、回転軸に固設されたヨークの外周部に同じく円筒状の径方向にN、S極を有し、円周方向に磁極を交互に着磁された永久磁石を配してなる永久磁石ロータにおいて、前記永久磁石の外周面を真円に、円周方向に磁石厚みを変化させるとともに前記ヨークの外周形状を磁石内周形状にそって一定の隙間を保つように形成し、前記隙間に接着剤を充填してなるものとした。

【0008】前記永久磁石の厚みの変化周期は磁極数と一致し、かつ磁極中心部が厚肉、極間部が薄肉であるように構成されることができる。前記永久磁石の厚肉部と薄肉部の肉厚差寸法が、前記永久磁石と前記ヨーク間に形成される隙間に対して大きくなるように設定されることが可能である。永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部

3

形状が、鋭角のないウェーブ形状で構成されることができ、永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部形状が、鈍角で形成される台形形状で構成されることができ

【0009】前記永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部のみに接着剤を充填することができる。前記台形形状部の傾斜角を、前記永久磁石ロータの最高使用回転数時に前記永久磁石内に発生する遠心応力と前記傾斜角によりトルクから発生する半径方向分力が起因する前記永久磁石内のせん断力との合応力が前記永久磁石の許容応力

【0010】

【作用】本発明によれば、永久磁石に駆動トルクが作用する場合、永久磁石がヨークに対して回転しようとして隙間が変形し、接着剤がくさびとして機能し接着剤に摩擦係力が加わって永久磁石を支持する。これにより永久磁石ロータの出し得るトルクが向上し、接着剤が剥がれても駆動が続けられる。

【0011】そして、前記永久磁石の厚みの変化周期は磁極数と一致し、かつ磁極中心部が厚肉、極間部が薄肉であるように構成するときには、永久磁石に発生する磁束が円周面にサイン波形を描き、円滑な駆動ができる。また、前記永久磁石の厚肉部と薄肉部の肉厚差寸法が前記永久磁石と前記ヨーク間に形成される隙間に対して大きくなるように設定されるときに永久磁石の厚肉部がヨークの薄肉部に入り噛み合うような状態になり、接着剤のせん断破壊が防がれ、より高いトルクを伝達することができる。

【0012】さらに、永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部形状が鋭角のないウェーブ形状で形成されるときには、永久磁石およびヨークに応力集中が防がれる。なお、永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部形状が鈍角で形成される台形形状で形成されるときには、永久磁石内の応力分布が簡単に求められ、設計が容易になる。

【0013】なおまた、前記永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部のみに接着剤を充填すると、温度変化により磁石内周とヨーク外周間の隙間が変化しても、磁石の変形を小さく抑ええることができ、熱膨張による破壊が防止される。さらにまた、前記台形形状部の傾斜角が、前記永久磁石ロータの最高使用回転数時に前記永久磁石内に発生する遠心応力と前記傾斜角によりトルクから発生する半径方向分力が起因する前記永久磁石内のせん断力との合応力が前記永久磁石の許容応力を上回らないよう設定されると、永久磁石が破壊されずにトルクを発生することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下図面に基づいて発明の実施の形態を実施例により説明する。図1は、本発明の第1の実施例を示す。ステータ1は電磁鋼板を軸方向に積層し

4

固着したステータコア1aと、ステータコア1aの軸方向に形成される複数のスロット内に導線を巻き付けてなる電気コイル1bで構成されている。

【0015】ロータ3は、回転軸3aと、それに挿入されキー3cによって固定されるヨーク3bと、ヨーク3bの外周に接着剤3cで固着された永久磁石3dで構成されている。回転軸3aは軸受け4a、4bを介してケース2およびカバー5により回転可能に支持される。回転軸3aにはエンコーダ6が取り付けられている。

【0016】電気コイル1bは、図2に示すように36個のスロットに電気角120度で巻装され、スター結線で結ばれたU、V、Wの3相の励磁コイルからなり、それらに3相交流を通电することによってステータコア1aに6極の回転磁界を形成するように3相6極の励磁コイルとして構成されている。

【0017】図3は図1におけるロータおよび軸受けを取り出して示す図である。図4は図3におけるロータのA-A断面を示す図である。図4において、永久磁石3dは外周を真円に、かつ基本形状が円形の内周面を磁極ピッチに合わせて鋭角が発生しないように円弧状に凹ませて加工してある。さらに薄肉部3fが極間、厚肉部3gの中心が磁極中心となるように位置を合わせて着磁されている。永久磁石3dの厚肉部3gと薄肉部3fの肉部の肉厚差寸法t2は永久磁石3dの内周面とヨーク3b間に形成される隙間t1に対して大きくなるように設定されている。

【0018】ヨーク3bの外周面は前記永久磁石3dの内周面形状に一定寸法t1の隙間を保持して同一形状に加工されている。永久磁石3dの内周面とヨーク3b間に形成される隙間t1には接着剤3cが充填されてそれらを固着する。接着剤は延びの大きい、つまり変形追充性のよいシリコン系接着剤が用いられている。

【0019】次に作用を説明する。電気コイル1bに3相交流電力を供給すると、ステータコア1a部に回転磁界が発生し、ロータ3の永久磁石との間で吸引ないし反発力が働いてロータ3が回される。エンコーダ6はロータ3の回転数、角速度、位相差等の情報を図示していないコントローラへ出力することによって電気コイル1bに適切な給電が行なわれ、ロータ3の回転数、回転トルクの制御が行なわれる。

【0020】永久磁石3dとヨーク3bの間に伝わる回転トルクは永久磁石内周面とヨーク間に形成される隙間t1に充填された接着剤3cの接着剤により伝達されるとともに、永久磁石3dがヨーク3bに対して回転しようとして隙間が変形し厚肉部と薄肉部間の切り替わり部に充填された接着剤がくさびとして機能し永久磁石3dをヨーク3bに支持する。そしてこの働きは接着剤の接着力が完全に失われても続くため、温度の上昇や接着の不良などにより接着面が剥離された場合でも、永久磁石がヨークに対し相対運動を起こさず回転が継続される。

5

【0021】図5は永久磁石3dを直線に展開したときの永久磁石上の磁束分布を示す図である。図によれば、永久磁石の径方向の厚さが磁極を形成する周方向の中央部分で大きくなっているため、磁束はサイン波形を描くように円周に分布している。本実施例は以上のように構成され、接着剤がその接着力で働くのみでなく、くさびとしての機能を持つため、接着力の弱い接着剤でも大回転トルクを伝達することができる。かつ永久磁石は円周方向に磁束の分布がサイン波形を形成しているため、ロータが滑らかな回転を行なうことができる。さらに肉厚差の寸法は隙間より大きくなっているから、永久磁石とヨークが噛み合う状態にあり接着剤がせん断されることなくトルク伝達が行なえる。ちなみに、円筒磁石の内周面に凹みを設ける方法として、一般的な機械加工のほか

にホットプレスによる成型加工を用いると製造コストが安くなる。  
【0022】図6は、本発明の第2の実施例としてヨークと永久磁石の変形例を示す。この実施例は、基本的に図4に示した第1の実施例と同様な構成で、ロータ3'は永久磁石3d'の薄肉部3f'およびヨーク3b'の対応部位の形状が鈍角でできた台形で形成される点異なる。図7は図6における薄肉部3f'の台形状部を取り出して拡大した図である。台形状はその傾斜面法線と半径のなす角度 $\theta$ が、ロータ3'が最高回転時に永久磁石3d'内に作用する遠心力に傾斜面により駆動力F1から発生する半径方向分力F3を加味した応力が円筒磁石の許容応力を上回らないように設定される。これにより、第1の実施例と同様の効果が得られるほかに、駆動トルク伝達時における円筒磁石の強度保証が行なえる。

【0023】図8は、本発明の第3の実施例として、熱による永久磁石の破壊防止対策を施した接着剤の配置の変形例を示す。この実施例では、接着剤3c''を厚肉部と薄肉部の切り替わり部（傾斜面）のみに限定して配置してある。このほかは第2の実施例と同様である。ロータ3''の温度が変化すると、永久磁石3d'とヨーク3b'の熱膨張差により、隙間1がそれにしたがって変化する。切り替わり部（傾斜面）の隙間1も同じく熱膨張により変化するが、テーパ状のため斜めにずれる形になり、半径方向に比べて寸法変化が小さい。したがって接着剤3c''は圧縮変形が少なく、せん断方向の変形となるので、比較的体積変化を伴わず、変形しやすくなる。図9には熱変化時の隙間1および接着剤3c''の変化様子を示している。(a)は常温時、(b)は高温時、(c)は低温時の様子である。これにより、上記第1および第2の実施例と同様な効果を有するほか、熱対策を施したので、広範囲な温度環境で永久磁石の破壊を防ぐことが可能となる。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれ

6

ば、永久磁石に駆動トルクが作用する場合、永久磁石がヨークに対して回転しようとして隙間が変形し、接着剤がくさびとして機能し接着力に摩擦力が加わって永久磁石を支持するから、永久磁石ロータの出し得るトルクが向上し、接着剤が剥がれても駆動が続けられる効果が得られる。

【0025】そして、前記永久磁石の厚みの変化周期は磁極数と一致し、かつ磁極中心部が厚肉、極間部が薄肉であるように構成すると、永久磁石に発生する磁束が円周面にサイン波形を描き、円滑な駆動ができる。また、前記永久磁石の厚肉部と薄肉部の肉厚差寸法が前記永久磁石と前記ヨーク間に形成される隙間に対して大きくなるように設定されると、永久磁石の厚肉部がヨークの薄肉部に入り噛み合うような状態になり、接着剤のせん断破壊が防がれ、より高いトルクを伝達することができる。

【0026】さらに、永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部形状が鋭角のないウェーブ形状で形成されると、永久磁石およびヨークに応力集中が防がれる。ロータが剛直なものとなる。なお、永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部形状が鈍角で形成される台形状で形成されると、永久磁石内の応力分布が簡単に求められ、設計が容易になる。

【0027】なおまた、前記永久磁石の厚肉部と薄肉部の切り替わり部のみに接着剤を充填すると、温度変化により磁石内周とヨーク外周間の隙間が変化しても、磁石の変形を小さく押さえることができ、熱膨張による破壊を防止される。苛酷な使用に耐えられる効果が得られる。さらにまた、前記台形状部の傾斜角が、前記永久磁石ロータの最高使用回転数時に前記永久磁石内に発生する遠心力と前記傾斜角によりトルクから発生する半径方向分力が起因する前記永久磁石内のせん断力との合応力が前記永久磁石の許容応力を上回らないよう設定されると、永久磁石が破壊されずにトルクを発生することができ、安定した運転効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示す図である。

【図2】電気コイルの巻装工程を示す図である。

【図3】ロータおよび軸受を取り出して示す図である

【図4】ロータの断面図である。

【図5】永久磁石の磁束分布を示す図である。

【図6】第2の実施例を示す図である。

【図7】台形状と力分布の説明図である。

【図8】第3の実施例を示す図である。

【図9】温度による隙間の変化および接着剤形状の変化を示す図である。

【図10】従来例を示す図である。

【図11】ほかの従来例を示す図である。

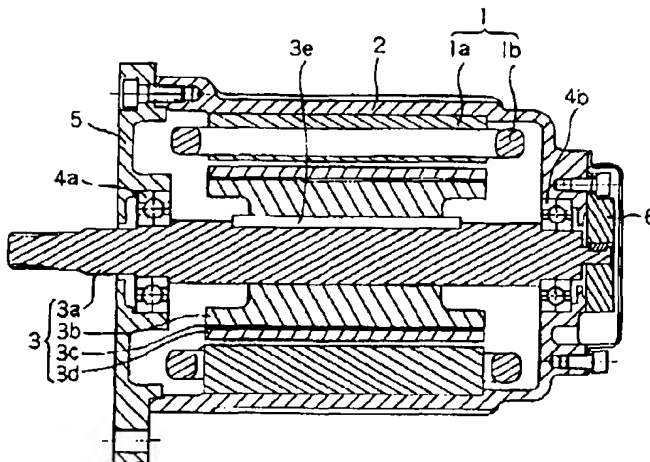
【図12】永久磁石の磁束分布を示す図である。

【符号の説明】

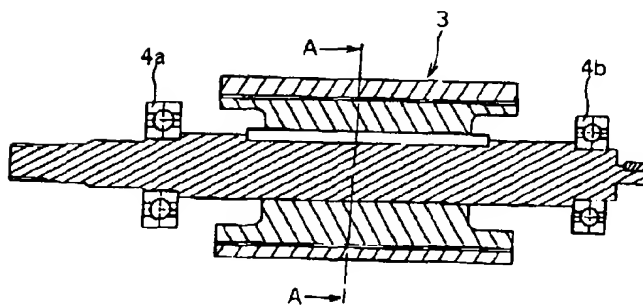
50

1	ステータ	4 a、4 b	軸受け
1 a	ステータコア	5	カバー
1 b	電気コイル	1 0 3	円筒状永久磁石
2	ケース	2 0 3	セグメント永久磁石
3、3'、3"	ロータ	2 0 4	テーパ状溝
3 a、1 0 1	回転軸	2 0 5	突起
3 b、3 b'、3 b"、2 0 6	ヨーク	2 0 7	アゴ部
3 c、3 c'、3 c"、1 0 4	接着剤	t 1	隙間
3 d、3 d'、3 d"	永久磁石	t 2	肉厚差
3 e、1 0 2	キー	10 t 3	永久磁石厚み
3 f、3 f'	薄肉部	t 4	アゴ部厚み
3 g	厚肉部		

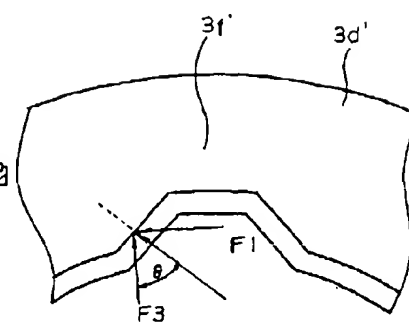
【図1】



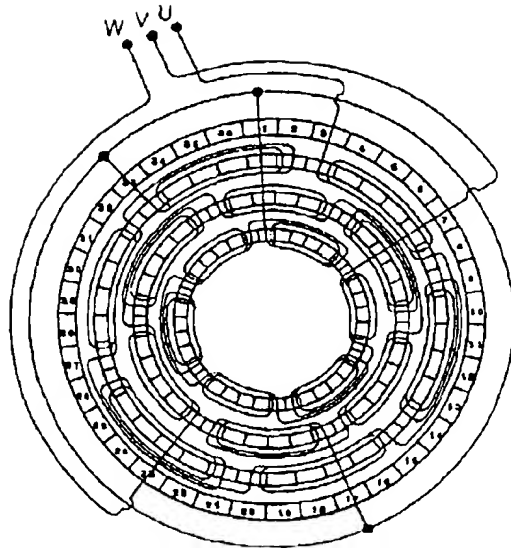
【図3】



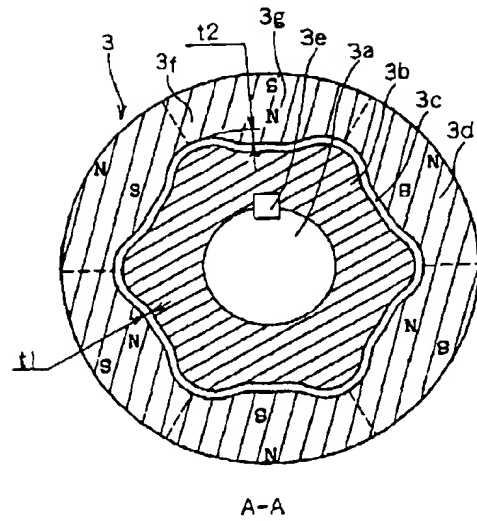
【図7】



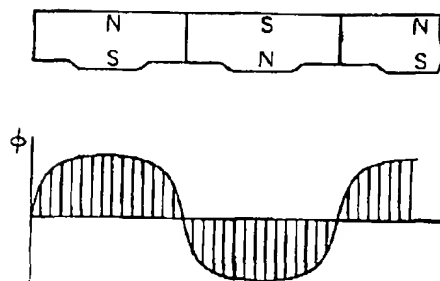
【図2】



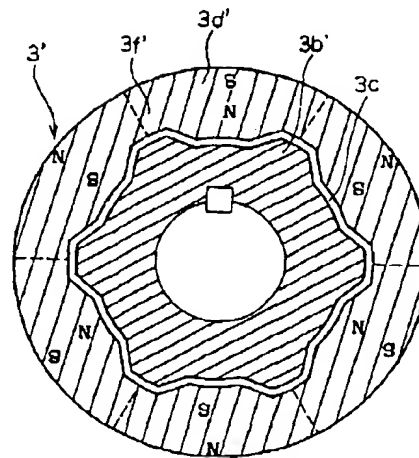
【図4】



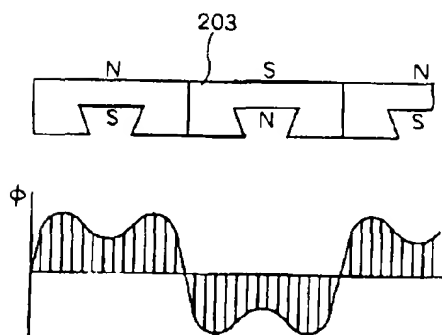
【図5】



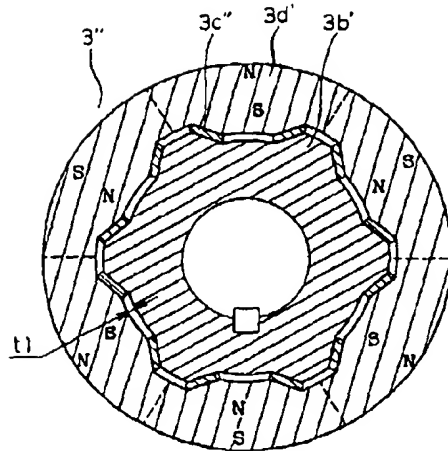
【図6】



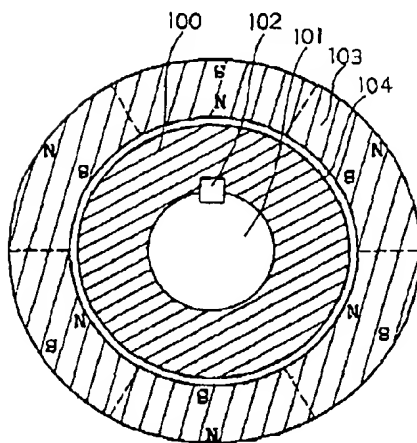
【図12】



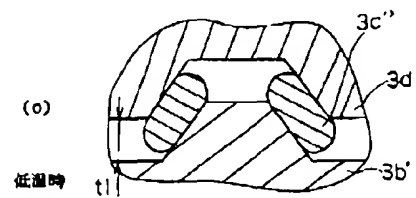
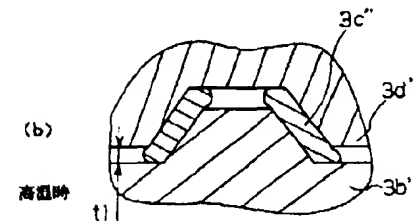
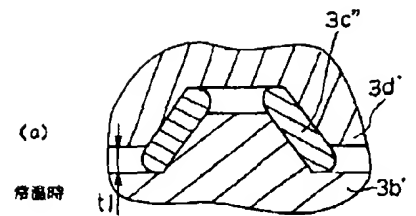
【図8】



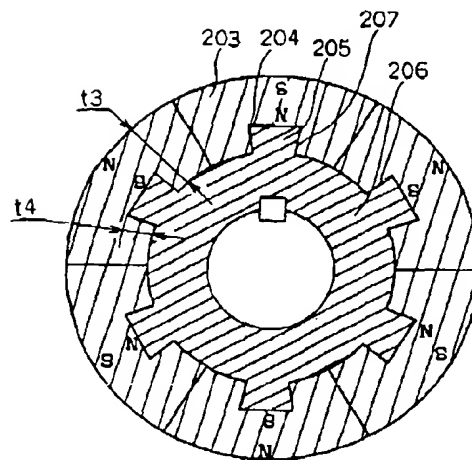
【図10】



【図9】



【図11】



## フロントページの続き

(72)発明者 平野 弘之  
神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産  
自動車株式会社内

(72)発明者 木下 繁則  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号  
富士電機株式会社内

(72)発明者 遠藤 研二  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号  
富士電機株式会社内

(72)発明者 常盤 信行  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号  
富士電機株式会社内



PAT-NO: JP409056092A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09056092 A  
TITLE: PERMANENT-MAGNET ROTOR  
PUBN-DATE: February 25, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME  
YAMADA, HIYOSHI  
HIRANO, HIROYUKI  
KINOSHITA, SHIGENORI  
ENDO, KENJI  
TOKIWA, NOBUYUKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
DAIDO STEEL CO LTD	N/A
NISSAN MOTOR CO LTD	N/A
FUJI ELECTRIC CO LTD	N/A

APPL-NO: JP07225905

APPL-DATE: August 10, 1995

INT-CL (IPC): H02K001/27, H02K001/28 , H02K003/28

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a permanent-magnet rotor using adhesive which is improved in adhesive force.

SOLUTION: Permanent magnets 3d are worked so that the outer peripheral surfaces of the magnets 3d can form complete roundness and the circular inner peripheral surfaces of the magnets 3d can be recessed in a circular arcuate shape in accordance with the arranging pitch of magnetic

N/A

APPL-NO: JP07225905

APPL-DATE: August 10, 1995

INT-CL (IPC): H02K001/27, H02K001/28 , H02K003/28

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a permanent-magnet rotor using adhesive which is improved in adhesive force.

SOLUTION: Permanent magnets 3d are worked so that the outer peripheral surfaces of the magnets 3d can form complete roundness and the circular inner peripheral surfaces of the magnets 3d can be recessed in a circular arcuate shape in accordance with the arranging pitch of magnetic poles so that no acute angle can be formed, and then, the thickness difference t2 between the thick wall section 3g and thin wall section 3f can become larger than the clearance t1 formed between the inner peripheral surface of the magnets 3d and a yoke 3b. The outer peripheral surface of the yoke 3b is machined into the same shape as that of the inner peripheries of the magnets 3d so that the clearance t1 can be maintained between the magnets 3d and yoke 3b. The clearance t1 is filled up with adhesive 3c to stick the magnets 3d to the yoke 3b. When a rotor 3 is rotated, the magnets 3d start to rotate against the yoke 3b and the clearance t1 is deformed. As a result, the adhesive 3c functions as a wedge and firmly supports the magnets 3d, because a frictional force is added to the adhesive force of the adhesive 3c. Therefore, the torque which can be outputted from the rotor is improved and, even when the adhesive 3c is